

건물의 구획화재 현상에 대한 프로그램 개발

이상준, 이수경, 김수영*

서울산업대학교 안전공학과, *호서대학교 안전공학과

A Development of Program for Compartment Fire in the Buildings

Sang-Joon Lee, Su-Kyung Lee, Soo-Young Kim*

*Seoul National Univ. of Technology Dep. of Safety Eng., *Hoseo Univ. Dep. of Safety Eng.*

1. 서론

건물의 구획화재의 성상의 예측이 공학적 해석으로 가능하게 되었으며 또한 이러한 해석은 화재 모델링으로 발전하여 화재 시나리오에 따른 화재 결과를 분석할 수 있다. 화재 모델링은 많은 발전을 거듭하고 있으며 구획화재 예측에 있어 필수적인 도구가 되어가고 있다. 국내에서는 외국의 모델들을 인터넷에서 무료로 다운받아 사용할 수 있고 국내에서도 서서히 이러한 모델링의 개발을 위한 노력들이 이루어지고 있다. 본 연구에서는 문헌에서 볼 수 있는 화재 예측식들을 이용하여 알고리즘을 만들어 이것을 쉽게 사용할 수 있는 S/W로 만들어 보았다.

2. 이론식

1) 연기 온도 계산

가) 화재 성장 곡선 선택

$$\dot{Q}_c = at^2 \quad [1]$$

화재의 크기가 정해지는 요소로 a 값은 NFPA에 나오는 4가지 화재 곡선을 적용하였다.

나) 화재실 연기 온도 계산

$$\Delta T = 6.85 \left(\frac{\dot{Q}_c^2}{A_0 \sqrt{H_0} \cdot h_k \cdot A_T} \right)^{1/3} \quad [2]$$

A_0 : 개구부 면적, H_0 : 개구부 높이, A_T : 개구부를 제외한 전체 표면적

다) 복도의 화재 온도

(1) 가스로 인한 열전달

$$\dot{m}_{out} = \frac{2}{3} C M_0 A_{vent} \rho_{\infty} \sqrt{2gz_{vent}} \quad [3]$$

C : 배출계수, A_{vent} : 개구부 면적, ρ_{∞} : 공기 밀도, z_{vent} : 개구부의 높이

$$\dot{m}_{out} \times 20(kJ/g) = \dot{Q}_2$$

(2) 복사로 인한 열전달

$$\dot{q}'' = \frac{X_r \dot{Q}_c}{4\pi c^2} \quad [4]$$

c : 화염과 받는 부분의 거리

X_r : methan 15-20, wood crib 20-40, hexane, gasoline 40-60

나온 값 \dot{q}'' 에 개구부 면적을 곱한다.

복도의 $\dot{Q}_{cl} = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2$ (가스열과 복사열의 합)

라) 비화재실의 연기온도

복도를 구하는 방법과 동일.

이때 T 는 복도의 온도, $Vent$ 는 복도와 연결된 개구부임.

2) 연기높이 계산식

가) 화재실의 연기 높이

$$\dot{V}(l) = 0.0026(1 - \chi_r) \dot{Q} + 0.006047 \left((1 - \chi_r - \chi_0) \dot{Q} \right)^{1/3} z^{5/3} \quad [5]$$

개구부로 빠져나가는 양 계산

$$\dot{V}_1 = C A_{vent} \sqrt{\frac{2ghP(MW)}{\rho_2 R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)} \quad [6]$$

A_{vent} : 개구부 면적, C : 배출계수(0.8), g : 중력가속도, h : $Z_{n \text{ neutral plane}}$

MW : $(28.95 \cdot 10^{-3} \text{ kg air}/(g \cdot \text{mole}))$, P : 대기압 101,325 Pa

R : 8.314 J/(g · mole) · K, T : 화재실 온도(K), T_{∞} : 초기온도(K)

$$\frac{[V(\text{발생 연기량}) - \dot{V}_1(\text{개구부로 빠져나간양})] \times 0.001(m^3/l)}{A(\text{바닥면적})}$$

나) 복도에서의 연기 높이

복도로 들어온 양을 V_1 , 복도에서 밖으로의 개구부로 나간 양 ; V_2 , 비화재실로 나간 양 : V_3

$$\frac{V_1 - V_2 - V_3}{A_{\text{corridor}}} = \text{높이 (m)}$$

3. 프로그램 적용 구획

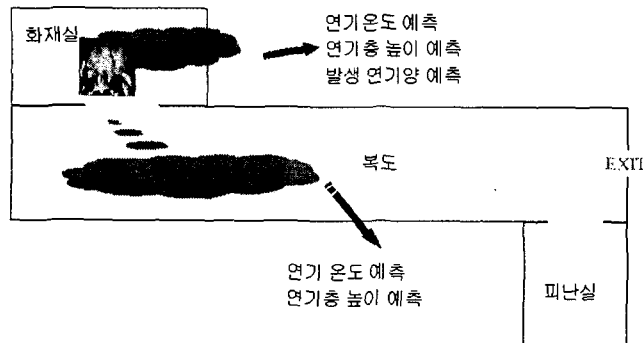


그림 1. 프로그램 적용 구획.

4. 프로그램 알고리즘

본 프로그램에 쓰여진 알고리즘은 그림 1, 2와 같다.

5. 프로그램 개발

1) 화재 조건 입력

화재 시나리오를 구성하는 입력값을 넣을 수 있게끔 개발하였다. 화재 및 화재실의 특성 등을 입력하여 이에 따른 평가를 수행할 수 있다.

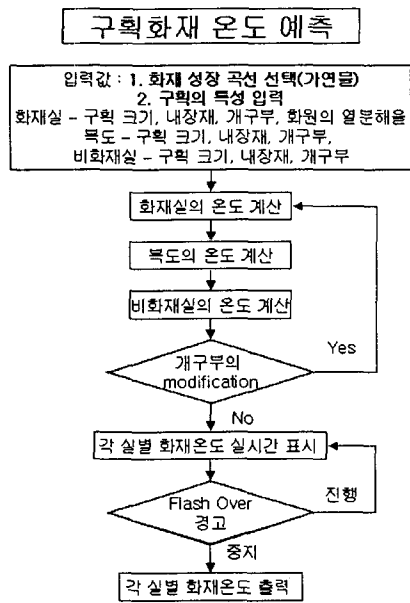


그림 2. 연기 온도 예측 알고리즘.

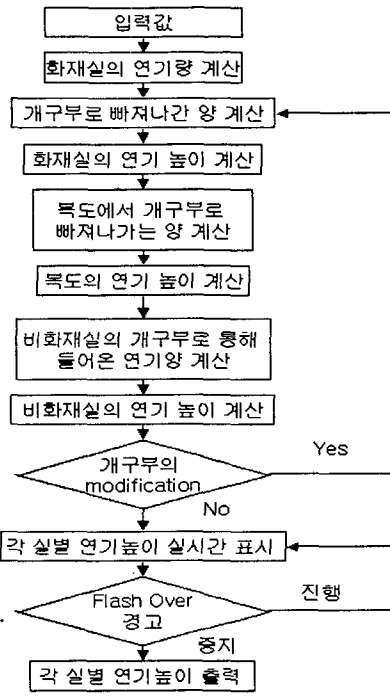


그림 3. 연기층 높이 예측 알고리즘.

화재 종류 선택 Slow Fire °C

화재실 크기 가로(m) 20 세로(m) 20 높이(m) 3	복도 크기 가로(m) 30 세로(m) 3 높이(m) 3
화재실 개구부 가로(m) 2 세로(m) 1 바닥에서 부터 높이(m) 0.2	연소 물질 나무 복도 개구부 가로(m) 2 세로(m) 1 바닥에서 부터 높이(m) 0.2
재료 콘크리트 벽 두께(m) 0.3 실내 온도(°C) 25	화재실 연기 높이(m) 0.0831 복도 연기 높이(m) 0.0003 second 1794

그림 4. 입력창.

2) 화재 종류 선택

NFPA의 화재 성장 곡선 4가지(slow, medium, fast, ultra fast)가 입력되어 있다. 화원의 중

류가 무엇인가에 따라 그에 맞는 성장 특성 곡선을 선택하여야 한다.

3) 화재실 및 복도의 크기

기본 건물 구획의 크기를 입력하는 것으로 가로, 세로, 높이를 입력할 수 있다.

4) 개구부 설정

개구부는 연기의 온도 및 이동에 있어 매우 중요한 부분으로 화재실과 복도, 그리고 복도와 외부와의 개구부의 크기를 입력하여 그 값에 따른 화재 성상을 판단할 수 있다.

5) 재료 및 두께

화재실의 내장재의 종류와 두께를 입력하는 것이다. 내장재는 화재에 있어 매우 중요한 인자로 평가되는 것으로 이러한 내장재에 대한 화재 성상을 알아볼 수 있다.

6) 결과값 출력

모든 입력값들을 넣고 확인을 누르면 그림에서와 같이 연기의 높이 및 연기 온도가 숫자와 그래프로 실시간으로 보여진다. 이 결과 값을 통해 사용자는 화재 변수에 따른 화재 성상의 결과를 평가할 수 있다.

7) 개구부의 변화

개구부는 화재시 변화할 수 있다. 특히 화재 건물에 소방대의 진입시 어려움을 겪는 Back draft 현상은 닫힌 공간에 가연성 가스가 축만히 차있다가 문이 열리는 순간 공급되는 산소로 인해 갑작스런 화염이 분출로 인해 소방대의 인명안전에 위협을 줄 수 있다. 이러

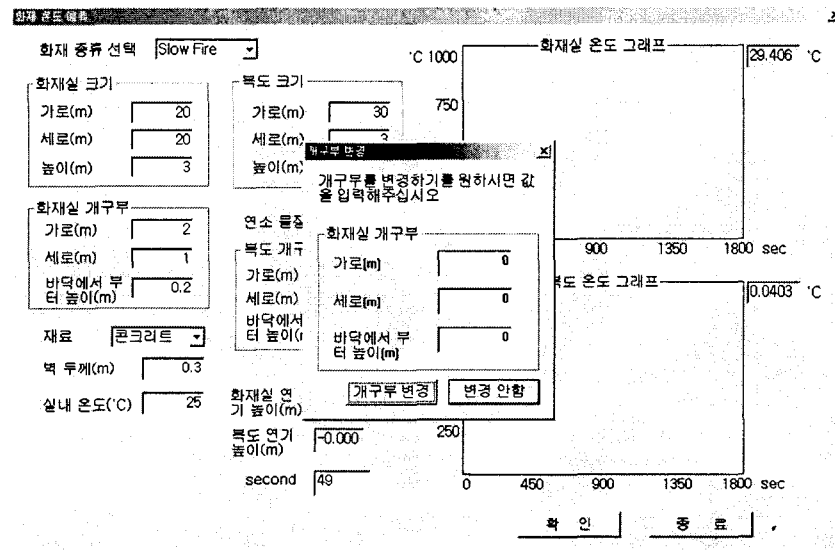


그림 5. 개구부의 변경창.

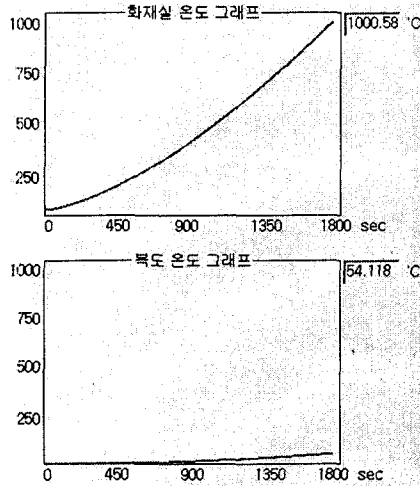


그림 6. 구획의 연기 온도 그래프

화재실 연기 높이(m)	0.0831
복도 연기 높이(m)	0.0003
second	1794

그림 7. 연기온도 지수.

한 개구부의 변화에 대한 평가를 할 수 있게끔 시간을 설정해주면 프로그램의 진행 중 설정 시간에 작은 화면이 뜨면서 개구부를 변경할 수 있다.

8) 플래쉬 오버의 경고

화재 진행중 플래쉬 오버가 발생하는 지점에 이르면 화면은 플래쉬 오버의 발생을 사용자에게 알려준다.

6. 결론

본 연구를 통하여 건물의 구획 화재 현상에 대한 프로그램을 위한 알고리즘을 개발하였다. 화재시 화재실 및 비화재실에서의 화재 성상을 정량적으로 분석할 수 있으며, 가장 중요한 플래쉬 오버시의 시간을 알 수 있다. 본 프로그램의 특성을 정리하면 다음과 같다.

- (1) 화재실 포함 3개 구획의 화재 성상 분석
- (2) 실시간 모니터링을 통한 화재 결과 분석
- (3) 플래쉬 오버시 경고
- (4) 쉬운 사용법으로 인해 누구나 사용 가능

참고문헌

1. McCaffey, Quintiere, Estimating temperatures in compartment fires, SFPE, "SFPE Hand Book of Fire Protection Engineering," 1990. 4.
2. NIST, "Modeling Post-Flash Over Fires with FASTLite," J. of Fire Prot.

3. James G. Quintiere, "Principle of Fire Behavior," Delmar Publishers, 1997. 7.
4. 임홍순, "건축물 화재 온도 및 화재지속시간 추정연구," 방재기술 제 28호.
5. D. D. Drysdale, "The Pre-flashover Compartment Fire," *An Introduction to Fire Dynamics*, pp. 283-288.
6. Vytenis Babrauskas, Buining Rates, Chapter 3-1, SFPE, "SFPE Hand Book of Fire Protection Engineering," 1990. 4.
7. NFPA, "Guide on Method for Evaluating Potential for Room Flashover," National Fire Code 555, 1996.
8. 이창욱, "신방화공학," 의제, 2000. 3.
9. 김진국, "화재 시뮬레이션의 이해," 방재와 보험.